



**Bulletin of Scientific Contribution
GEOLOGY**

**Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN**

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 18, No.2
Agustus 2020

**KARAKTERISTIK PETROLOGI DAN GEOKIMIA BATUAN PIROKLASTIK DAERAH
SERAWET PROVINSI SULAWESI UTARA**

M. Akbar syah^{1*}, Mega F. Rosana¹, Adi Hardiyono¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

*Korespondensi: syahakbar95@gmail.com

ABSTRAK

Daerah Serawet, Sulawesi Utara memiliki sebaran batuan piroklastik yang cukup luas, sebagai aktifitas gunungapi berumur kuartar. Tulisan ini membahas mengenai karakteristik dari batuan piroklastik melalui pendekatan petrologi, petrografi, dan analisa geokimia menggunakan empat sampel batuan piroklastik pada daerah penelitian. Hasil analisis megaskopis dan petrografi menunjukkan bahwa batuan piroklastik berupa Tuf kasar berjenis tuf gelas berdasarkan identifikasi komposisi mineralogi dari hasil analisis petrografi. Analisis geokimia major elemen menunjukkan bahwa batuan berjenis dasit dan andesit. Seri magmatik tergolong kedalam seri magma "Kalk alkali" dan afinitas magmanya termasuk "Kalk- alkali tinggi". Penentuan asal magma menunjukkan bahwa magma berinteraksi dengan kontinen sedangkan kandungan Al_2O_3 yang cukup tinggi serta nilai TiO_2 dan MgO yang rendah pada batuan piroklastik mengindikasikan bahwa batuan pada daerah penelitian termasuk kedalam setting tektonik busur kepulauan (Green, 1980 dalam Wilson, 1989).

Kata kunci: Piroklastik, Serawet, Petrologi, Geokimia, Magma.

ABSTRACT

Serawet, North Sulawesi has a fairly wide distribution of pyroclastic rock, as a result from quaternary volcanic activity. This research discusses the characteristics of pyroclastic rocks through petrology, petrography, and geochemistry analysis using four pyroclastic rock samples in study area. The results of megascopic and petrography analysis show that pyroclastic rocks samples consist of coarse tuff with type glass tuff based on the identification of mineralogical composition from the results of petrographic analysis. Geochemistry analysis of the pyroclastic rocks tend to be dacitic and andesitic. Magmatic series of pyroclastic rocks that observed classified to calc-alkali and the magma affinity classified to high calc-alkali magma series. The determination of the magma origin shows that magma interacted with continents while the Al_2O_3 content is high and the TiO_2 and MgO content is low in the pyroclastic rocks indicates that the rocks in research area included in island arc tectonic setting (Green, 1980 in Wilson, 1989).

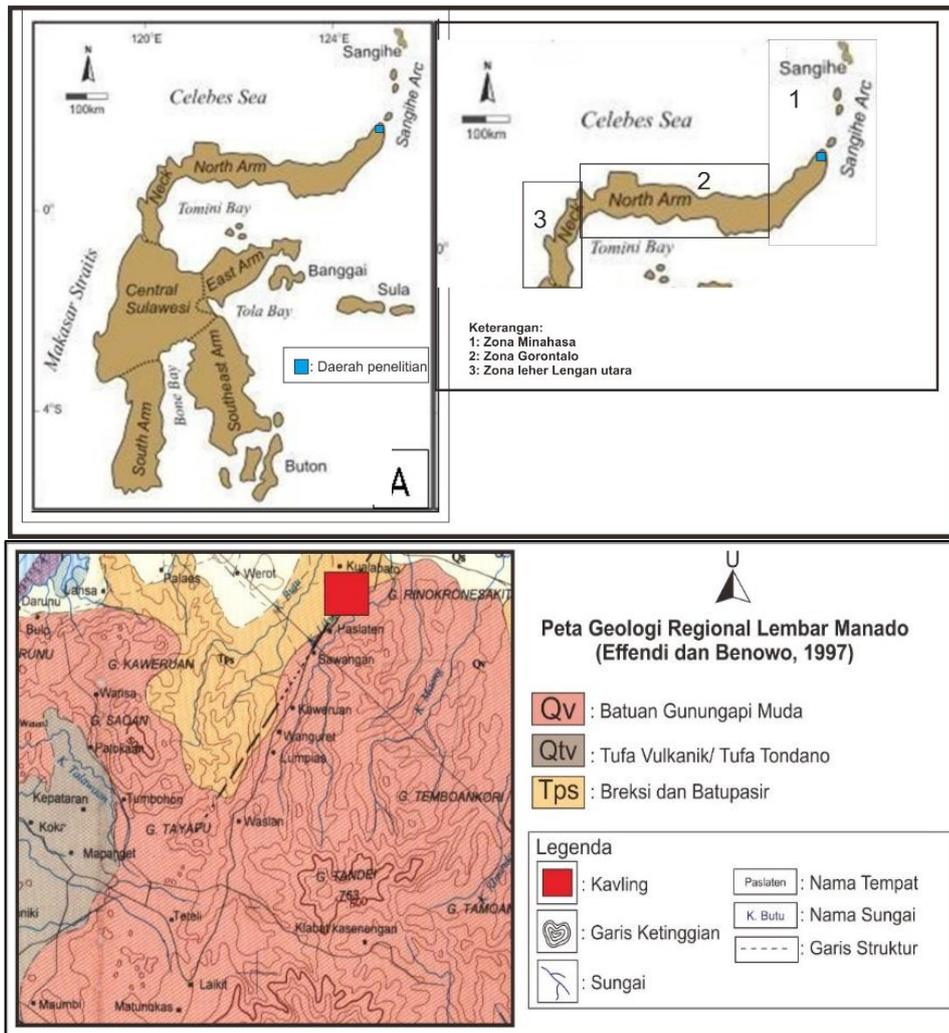
Keywords: *Pyroclastic, Serawet, Petrology, Geochemistry, Magma*

1. PENDAHULUAN

Sulawesi merupakan kepulauan di Indonesia yang menjadi pertemuan tiga lempeng tektonik aktif, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-australia dan lempeng Pasific. Hal ini menjadikan Sulawesi memiliki kondisi geologi yang sangat kompleks dan menarik untuk diteliti. Daerah penelitian termasuk kedalam wilayah kerja IUP milik PT. MSM, dimana disekitar daerah penelitian terdapat batuan - batuan hasil aktifitas vulkanisme yang terjadi akibat aktifitas gunungapi berumur kuartar. Batuan vukanik yang

tersebar di sekitar daerah penelitian, memiliki kondisi yang belum berubah serta yang telah mengalami ubahan hidrotermal sulfida rendah. Jenis batuan yang menjadi salah satu *hostrock* mineralisasi salah satunya yaitu batuan - batuan piroklastik berumur Pliosen - Pleistosen.

Tulisan ini merupakan hasil penelitian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik megaskopis petrografi batuan serta jenis batuan dan seri magmatiknya berdasarkan hasil analisa geokimia pada batuan piroklastik Serawet.



Gambar 2. (Atas) Fisiografi Regional Daerah Penelitian (Van Bemmelen, 1949), **(Bawah)** Peta geologi regional lembar Manado menurut Effendi dan Bawono (1997) (Tidak berskala)

METODOLOGI

Kegiatan lapangan diawali dengan melakukan pengambilan sampel batuan pada daerah penelitian. Pada kegiatan ini di usahakan untuk mengambil sampel batuan sesegar mungkin pada setiap singkapan khususnya batuan piroklastik pada daerah Serawet. Kemudian dipilih empat sampel batuan piroklastik pada daerah penelitian yang mewakili bagian utara hingga selatan daerah penelitian untuk digunakan sebagai data penelitian (Gambar 3).

Pengolahan data di laboratorium yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis petrografi menggunakan sayatan tipis dan pengolahan data yang di lakukan pada laboratorium Petrologi dan Mineralogi FTG Universitas Padjadjaran, analisis geokimia unsur menggunakan metode XRF (X-Ray Fluorescence) dilakukan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Bandung (PSDMPB). Analisis data ini

dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik petrologi dan petrografi batuan serta jenis batuan dan seri magmatiknya berdasarkan hasil analisa geokimia pada batuan piroklastik Serawet.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN
Karakteristik Fisik Batuan

Kenampakan singkapan batuan piroklastik struktur masif dan beberapa ditemukan berlapis dengan ketebalan berkisar 1 – 10meter. Secara megaskopis, batuan piroklastik memiliki sifat fisik dengan warna segar putih kekuningan hingga abu-abu muda, warna lapuk kecokelatan memiliki ukuran butir kasar dan pada beberapa tempat bergradasi halus, bentuk butir menyudut tanggung - membuldar tanggung, pemilahan baik - buruk, batuan tuf pada daerah penelitian memiliki struktur litik dengan litik berupa andesit dan pumis dengan ukuran yang bervariasi sekitar 0,3 hingga lebih dari

1 cm dengan bentuk litik menyudut tanggung - membundar tanggung dengan kekerasan getas - kompak. Sehingga batuan pada daerah penelitian termasuk kedalam Tuf kasar (Schmid, 1981) (Gambar 4).

Analisis petrografi menunjukkan komposisi kandungan mineral dan sifat optik mineral secara mikroskopis. Secara mikroskopis sayatan batuan berwarna tanpa warna - kecokelatan, hubungan antar mineral Inequigranular, bentuk kristal dominan subhedral, kemas didukung matrik dengan matrik. Komposisi fragmen gelas vulkanik berkisar antara $\pm 10 - 15\%$ dan fragmen litik berupa batuan beku sebesar $\pm 2 - 8\%$. Komposisi mineral pada batuan piroklastik hadir plagioklas sebanyak $\pm 8 - 9\%$, berjenis andesine kuarsa hadir sebanyak $\pm 2 - 4\%$, amfibol dengan jenis horblenda hadir sebanyak $\pm 2 - 3\%$, dan piroksen berjenis klino-piroksen hadir sebanyak $\pm 1\%$. Selain itu hadir beberapa mineral seperti biotit, K-feldspar dan mineral opak. Pada beberapa sayatan batuan yang sudah mulai mengalami ubahan akibat proses pelapukan, hadir mineral oksida dan klorit. tekstur mineral yang teramati pada batuan yaitu *corroded*, zoning, kembar dan inklusi. Zoning oskilatori pada mineral plagioklas hadir pada beberapa sayatan. Teksur zoning pada sayatan tipis yang mengindikasikan adanya perbedaan komposisi akibat perubahan temperatur dan

tekanan dalam pergerakan magma. Pada beberapa sayatan tekstur kembar juga hadir pada mineral horblenda selain pada mineral plagioklas dan K-feldspar. Berdasarkan komposisi penyusunnya maka batuan tuf meruoakan tuf kristal (Schmid, 1981) (Gambar 8).

Perbedaan jenis batuan piroklastik yang bersifat asam menjadi lebih intermediet dapat terlihat dari kehadiran mineral kuarsa pada batuan. Peningkatan kehadiran mineral kuarsa pada batuan tuf daerah serawet menunjukkan adanya perubahan sifat batuan menjadi lebih asam. Plagioklas yang ditemukan pada seluruh sampel berenis andesin yang berkomposisi lebih sodik. Perubahan sifat batuan dasitik menjadi andesitik terlihat dari keterdapatannya di lapangan dimana batuan tuf yang bersifat dasitik terendapkan terlebih awal dibandingkan tuf yang bersifat andesitik (Gambar 7).

Geokimia

Analisis geokimia pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode XRF yang bertujuan untuk mengetahui unsur oksida utama pada batuan, meliputi SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , dan P_2O_5 (Tabel. 1).

Table 1. Hasil analisis geokimia unsur oksida mayor sampel batuan pada daerah Serawet dalam wt %

Unsur	DAN134	DAN235	DAN330	DAN340
SiO_2 (%)	66,82	66,58	67,49	62,20
Al_2O_3 (%)	15,25	15,71	14,59	20,79
Fe_2O_3 (%)	1,60	1,63	1,28	2,02
CaO (%)	1,87	1,73	1,95	2,47
MgO (%)	0,22	0,20	0,53	0,28
Na_2O (%)	1,09	1,32	1,33	1,52
K_2O (%)	3,67	3,46	3,91	2,68
TiO_2 (%)	0,30	0,32	0,26	0,43
MnO (%)	0,10	0,10	0,06	0,17
P_2O_5 (%)	0,51	0,48	0,54	0,38
Total (%)	91,43	91,53	91,94	92,94
HD (%)	8,57	8,47	8,06	7,06

a. Jenis Batuan Berdasarkan Kandungan Alkali Total dan Silika

Dalam penentuan jenis batuan berdasarkan kandungan alkali total dan silika. Dalam penelitian ini digunakan Diagram Total Alkali

dan Silika (TAS) yang digunakan adalah diagram biner Le bas dkk, (1986). Hasil pengolahan data, batuan piroklastik pada sampel DAN130, DAN235 dan sampel DAN330 memiliki sifat dasit, sedangkan

sampel DAN340 memiliki sifat andesit. Hal ini dikarenakan adanya penurunan komposisi SiO₂ pada sampel DAN340 (Gambar 9).

b. Seri Magma Pembentuk Batuan

Penentuan seri magma pembentuk batuan berdasarkan diagram segitiga Irvine Baragar (1971). Hasil analisis diagram pada keempat sampel batuan piroklastik daerah Serawet termasuk kedalam seri magma kalk – alkali (Gambar 10).

Seri magmatik juga dapat di klasifikasikan oleh Pacerillo dan Taylor (1976). Klasifikasi ini berdasarkan oleh kandungan K₂O dan SiO₂. Hasil analisis dengan menggunakan klasifikasi Pacerrillo dan Taylor (1976) menunjukkan batuan piroklastik pada daerah Serawet termasuk kedalam seri kalk – alkali tinggi (Gambar 11).

c. Penentuan Asal Magma

Penentuan asal magma oleh Pearce, dkk (1977) dengan menggunakan kandungan K₂O, TiO₂ dan P₂O₅ dapat di bagi dua berdasarkan asal batuan yang berinteraksi dengan magma, yaitu kontinen dan samudra. Persebaran titik sampel hasil pengolahan data unsur batuan piroklastik pada daerah penelitian menunjukkan bahwa magma pembentuk batuan piroklastik pada daerah Serawet berinteraksi dengan kerak benua (gambar12).

Kerak benua yang berinteraksi kemungkinan merupakan kerak Eurasia. Magma yang memiliki interaksi dengan kerak benua diketahui memiliki kandungan silika, kalium serta kandungan aluminium yang cukup tinggi. Hal ini berbeda dengan magma yang berinteraksi kerak Samudra cenderung memiliki kandungan silika, magnesium dan titanium yang tinggi. Setting tektonik dalam pembentukan batuan dapat diketahui dengan menggunakan persentase oksida pada batuan. Kandungan Al₂O₃ yang cukup tinggi serta nilai TiO₂ dan MgO yang rendah pada batuan piroklastik mengindikasikan bahwa batuan pada daerah penelitian termasuk kedalam setting tektonik busur kepulauan (Green, 1980 dalam Wilson, 1989).

d. Perhitungan Normatif Komposisi Mineral Batuan Berdasarkan Metode CIPW

Perhitungan normatif komposisi mineral batuan menggunakan metode normative CIPW digunakan untuk mengetahui kemungkinan terdapatnya suatu mineral baik secara megaskopis dan mikroskopis tidak dapat dapat teramati.

Perhitungan persentase normatif, komposisi mineral batuan piroklastik Serawet menunjukkan kandungan kuarsa (38,29 –

43,36%, plagioklas (15,22 – 22,69%), dan ortoklas (16,06 – 21,91%). Perbedaan antara hasil analisis petrografi analisis norm dijelaskan oleh Hall (1987, dalam Nirmala dkk, 2016) karena analisis normatif dalam perhitungannya hanya melibatkan mineral *anhydrous*, oleh karena itu mineral yang mengandung gugus hidroksil akan mengalami penyimpangan yang kemudian akan diwakili oleh mineral *hydrous* yang sederhana. Amfibol yang merupakan salah satu mineral dengan gugus hidroksil sehingga dalam Pembacaan dalam analisis normatif akan menjadi mineral hydrous yang lebih sederhana. Kandungan kuarsa dan ortoklas yang cukup banyak pada analisis normatif dikarenakan adanya mineral – mineral yang mengandung gugus hidroksil yang kemudian diperhitungkan sebagai kedua mineral ini.

Selain itu, Analisis CIPW menghitung persentase kuarsa dengan menghitung jumlah silika total dikurangi dengan silika yang terpakai dalam pembentukan mineral-mineral pada bagian atas deret bowen seperti plagioklas dan piroksen karena kuarsa merupakan mineral yang terbentuk paling akhir pada deret bowen dan karena waktu terbentuknya itulah kemungkinan silika yang tersisa tidak sempat membentuk kristal kuarsa. Silika yang tidak sempat mengkristal tersebut ditemukan di dalam batuan dalam bentuk gelas yang terjadi akibat pendinginan yang cepat

e. Hubungan Zona Benioff Dengan Kedalaman Magma Asal

Hutchinson (1973) Menyusun rumus untuk menentukan kedalaman zona Benioff berdasarkan kandungan SiO₂ dan K₂O dimana kandungan potassium dan silika memiliki hubungan terhadap kedalaman magma asal pada jalur Benioff. Rumus yang digunakan adalah:

$$h = [320 - (3,65 \times \% \text{SiO}_2)] + (25,52 \times \% \text{K}_2\text{O})$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa batuan piroklastik pada daerah Serawet memiliki kedalaman zona Benioff ±161,36 – 173,46Km di bawah permukaan bumi.

f. Diskusi

Batuan piroklastik daerah Batuan piroklastik daerah Serawet memiliki 2 jenis sifat yaitu dasit dan andesit berdasarkan le Bas (1985) dimana terlihat adanya perbedaan komposisi SiO₂ yang lebih tinggi pada beberapa sampel. Peningkatan unsur SiO₂ kemungkinan terjadi karena adanya perbedaan dari komposisi mineral kuarsa yang terlihat pada sayatan batuan. Pada nilai total alkali tidak terdapat perubahan variasi data yang jauh berbeda,

hal ini menunjukkan fraksinasi mineral plagioklas dan mineral lainnya tidak jauh berbeda pada setiap sampel. Selain itu nilai total alkali pada setiap sampel yang tidak terlalu tinggi (4,20 - 5,24%), menandakan bahwa jarak suatu gunungapi dengan zona subduksi tidak terlalu dalam dimana kedalaman zona benioff batuan piroklastik berasal sekitar $\pm 161,36 - 173,46$ Km di bawah permukaan. Apabila jarak suatu gunungapi dan zona subduksi semakin dalam maka komposisi magma akan kaya kandungan $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (Priadi, 2006). Perbedaan sifat batuan piroklastik yang bersifat dasit serta batuan piroklastik bersifat andesit pada elevasi yang lebih tinggi di daerah Serawet menunjukkan bahwa terjadi perubahan komposisi magma pada saat erupsi. Erupsi gunungapi tidak selamanya mengeluarkan magma dengan komposisi yang sama. Hal ini diinterpretasikan bahwa terdapat produk batuan tuf hasil dari dua periode letusan yang berbeda. Hal terlihat dari terdapatnya dua sifat batuan piroklastik yaitu batuan tuf yang bersifat dasit dan andesit. Hal ini juga terlihat dari hasil pendugaan suhu magma yang menunjukkan adanya kenaikan suhu magma pada batuan tuf yang bersifat andesit. Perubahan sifat magma kemungkinan terjadi karena adanya pencampuran magma yang menyebabkan produk letusan berikutnya lebih bersifat intermediet sehingga terendapkan batuan piroklastik yang bersifat andesit pada periode letusan berikutnya yang terlihat dari batuan yang terendapkan pada elevasi yang lebih tinggi. Teksur zoning pada sayatan tipis yang mengindikasikan adanya perbedaan komposisi akibat perubahan temperatur dan tekanan dalam pergerakan magma. Batuan piroklastik daerah Serawet memiliki karakteristik magma, meliputi seri magma dan asal magma yang sama. Seri magmatik batuan piroklastik pada daerah Serawet berdasarkan diagram biner Irvine Baragar (1971) dan Pacerillo & Taylor (1976) menunjukkan bahwa seri magmatik pada batuan piroklastik yang diamati digolongkan kedalam seri magma Kalk - alkali dan Kalk - alkali tinggi. Penentuan asal magma berdasarkan Pearce (1977) menunjukkan bahwa magma berinteraksi dengan kerak benua. Setting tektonik batuan dapat diketahui dengan menggunakan persentase oksida pada batuan. Green (1980, dalam Wilson, 1989) kandungan Al_2O_3 yang cukup tinggi serta nilai TiO_2 dan MgO yang rendah pada batuan piroklastik mengindikasikan bahwa batuan pada daerah penelitian termasuk kedalam setting tektonik busur kepulauan. Kandungan unsur TiO_2 pada sampel batuan piroklastik memiliki

kandungan unsur TiO_2 berkisar antara 0,26 - 0,43%. Gill (1981, dalam Yuwono, 2004) mengatakan bahwa batuan yang terbentuk pada zona subduksi memiliki TiO_2 kurang dari 1,3%. Batuan yang memiliki TiO_2 lebih dari 1,3% berasal dari lingkungan non-orogen, baik lingkungan samudera maupun benua.

5. KESIMPULAN

Batuan piroklastik daerah Serawet secara megaskopis berjenis Tuf kasar (Schmid, 1986) dan berdasarkan analisis petrografi termasuk Tuf kristal (Schmid, 1981) berdasarkan komposisi batuan yang telah teramati. Hasil analisa Total Alkali Silika menunjukkan batuan piroklastik berjenis dasit dan andesit. Hal ini diinterpretasikan bahwa terdapat produk batuan tuf hasil dari dua periode letusan yang berbeda. Perubahan sifat magma kemungkinan terjadi karena adanya pencampuran magma yang menyebabkan produk letusan berikutnya lebih bersifat intermediet sehingga terendapkan batuan piroklastik yang bersifat andesit pada periode letusan berikutnya. Seri magmatik batuan piroklastik berdasarkan klasifikasi segitiga Irvine Baragar (1971) dan Pacerillo dan Taylor (1976) termasuk Kalk - alkali dan Kalk - alkali tinggi. Penentuan asal magma berdasarkan diagram Pearce, dkk (1977) menunjukkan magma pembentuk batuan piroklastik daerah Serawet berinteraksi dengan kerak benua.

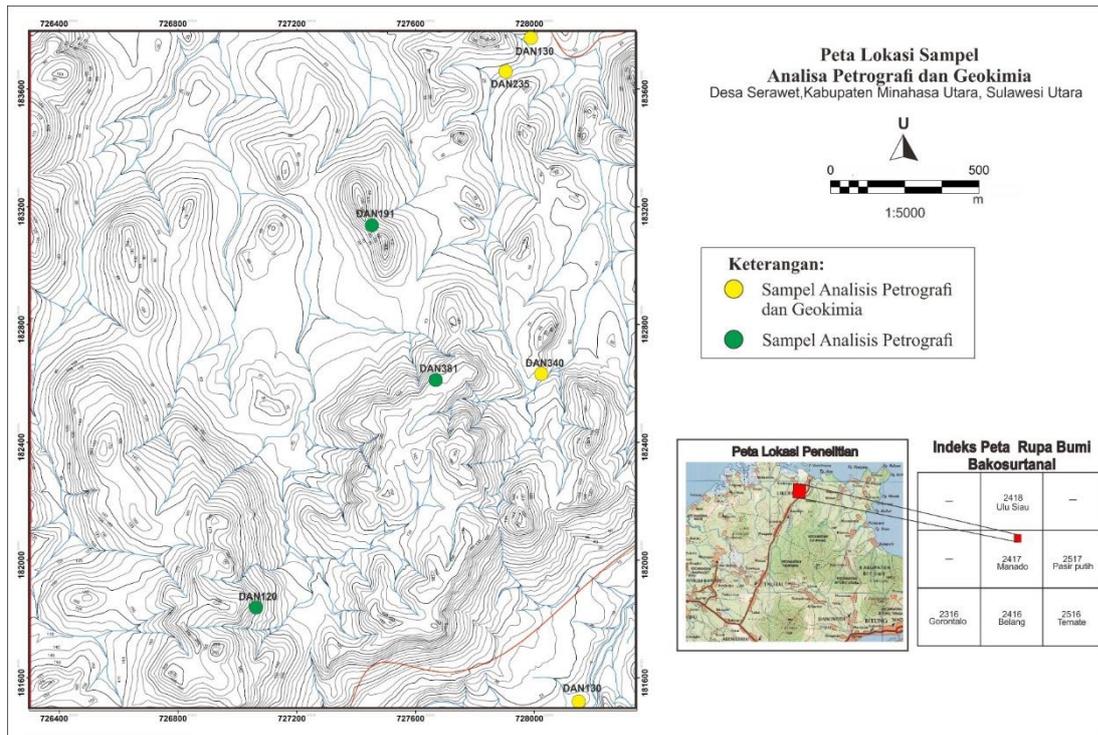
UCAPAN TERIMAKASIH

Rasa syukur dan ucapan terimakasih disampaikan yang sebesar besarnya oleh penulis kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran yang telah membantu sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

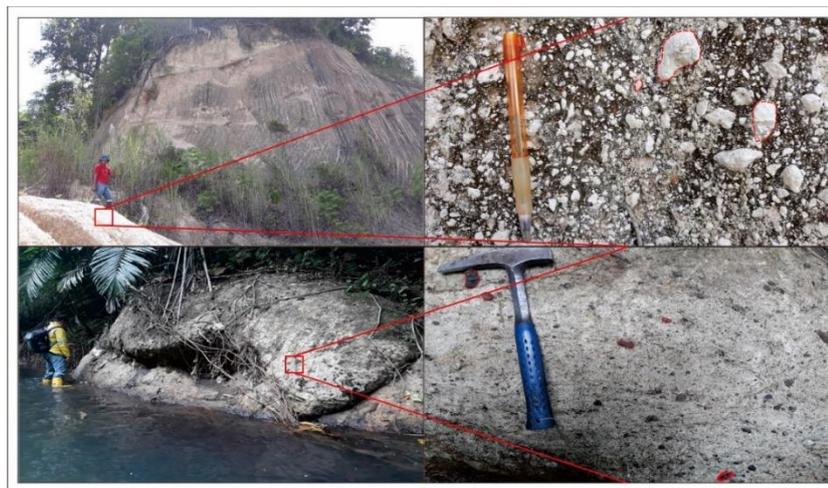
DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, A.C dan S.S. Bawono. 1997. *Peta Geologi Lembar Manado Skala 1:250,000 Edisi-2*. Bandung: Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi
- Hamilton, W. 1979. *Tectonic of Indonesia region*. Geological Survey Professional Paper 1078, U.S. Govern. Printing Office, Washington.
- Hutchison C. S. 1973. *Tectonic Evaluation of Sundaland*. Aphanerozoic Synthesis. Geol Soc. Malaysia Bulletin p. 61-86.
- Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A. 1971. *A Guide to The Chemical Classification of The Common Volcanic Rocks*. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8, 523-548.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. 1986. *A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on*

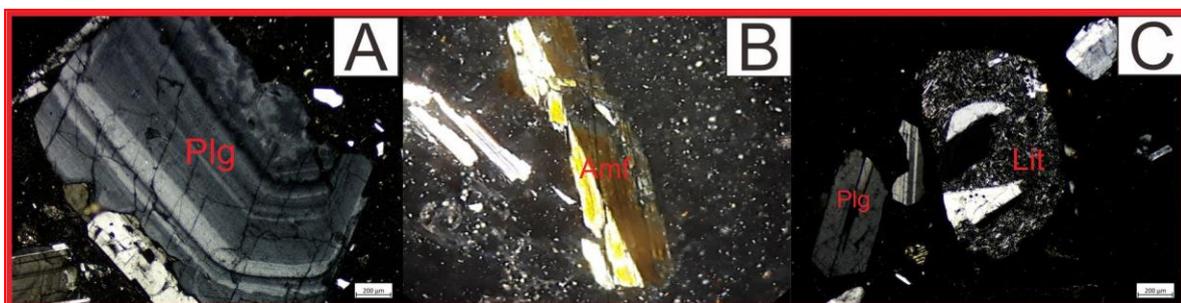
- The Total Alkali-Silica Diagram. Journal of Petrology* 27, 745-750.
- Nirmala, G., M. S. Kaharuddin, Irfan, U. R. 2016. Analisis Geokimia Riolit Kubah Lava Daerah Bulu Batuara Kecamatan Watangpalu Kabupaten Sidrap Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geoscience* vol 12 no 1: 41 -53.
- Pearce, T. H., Gorman, B. E. & Birkett, T. C. 1977. *The Relationship Between Major Element Geochemistry and Tectonic Environment of Basic and Intermediate Volcanic Rocks. Earth and Planetary Science Letters* 36, 121-132.
- Peccerillo, A. & Taylor, S. R. 1976. *Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology* 58, 63-81.
- Priadi, B., Permana, H., Binns, R., dan Zulkarnain, I. 2006. *Masihe Volcano: A new discovery submarine volcano in the Sangihe Arc, Eastern Indonesia. Proceeding Volcano International Gathering*. Yogyakarta
- R. V. Fisher & H. U. Schmincke. 1984. *Pyroclastic Rocks*. Berlin: Springer-Verlag.
- Schmid, R., 1981. *Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments: Recommendations of The International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. *Geology. The Geological Society of America. Boulder. Vol. 9: 41-43.*
- Somprotan, A. F. 2012. *Struktur Geologi Sulawesi*. Perpustakaan Sains Kebumihan, Bandung.
- Van Bammelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia. Ia. The Hague, Government Printing office.*
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. London: Unwin Hyman Boston Sdney Wellington.
- Yuwono, Yustinus Suyatno. 2004. *Diklat Kuliah Pengantar Petrogenesis*. Bandung: Penerbit ITB.



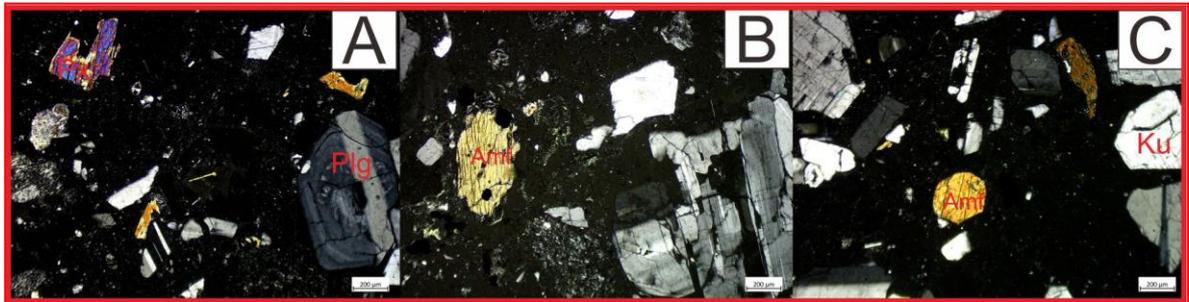
Gambar 3. Peta lokasi sampel analisa petrografi dan geokimia batuan piroklastik daerah Serawet



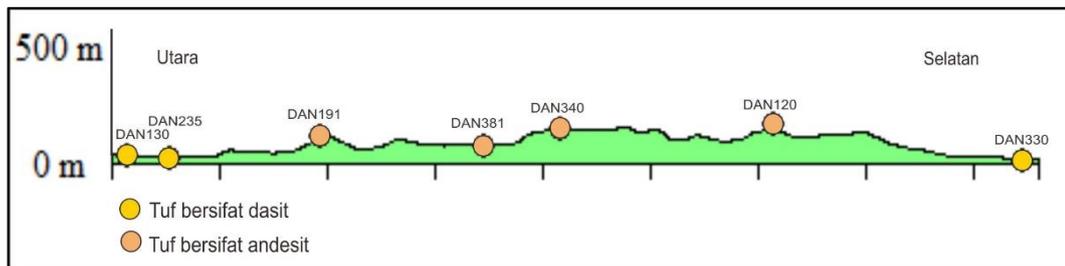
Gambar 4. Kenampakan litologi tuf pada daerah Serawet



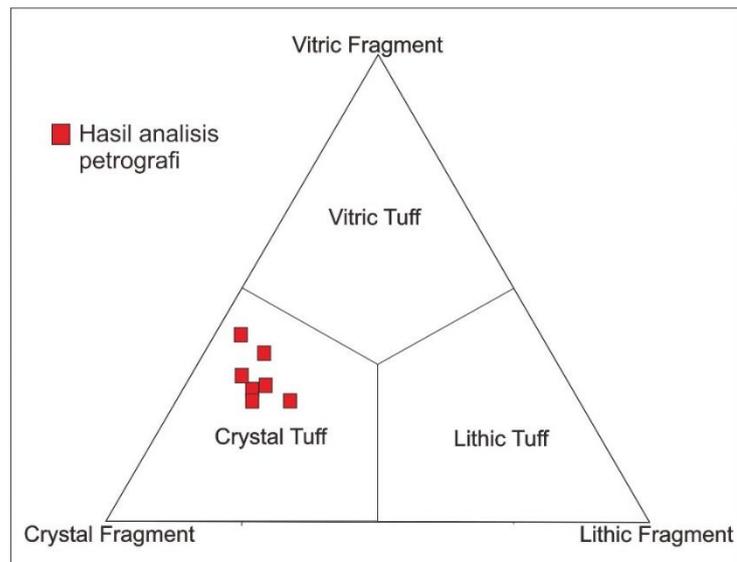
Gambar 5. (A) Tekstur zoning oskilatori pada mineral plagioklas; (B) Kembar sederhana pada mineral amfibol; (C) Fragmen litik batuan beku pada sayatan tuff



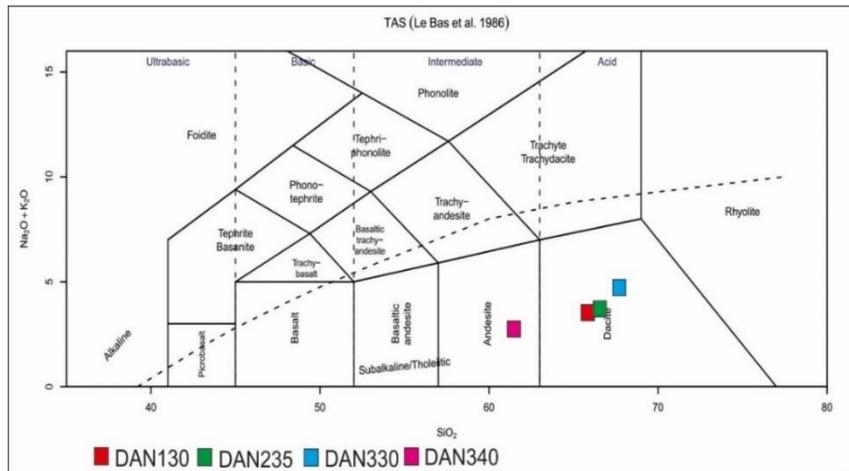
Gambar 6. (A) Kehadiran mineral piroksen yang teramati pada sayatan; (B) Inklusi mineral opak pada mineral amfibol; (C) Kehadiran mineral kuarsa yang teramati pada sayatan



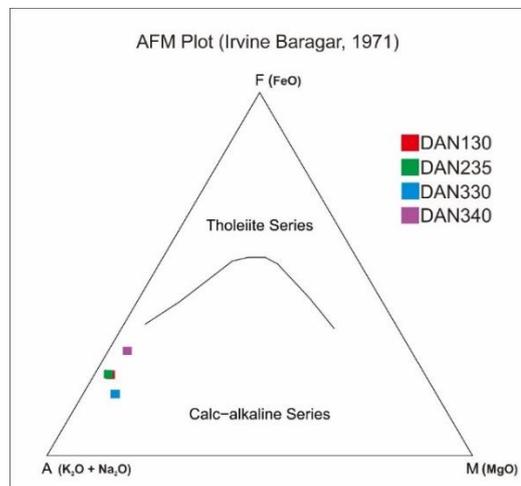
Gambar 7. Penampang utara – selatan daerah penelitian. Menunjukkan adanya perbedaan sifat dari tuf pada perbedaan elevasi



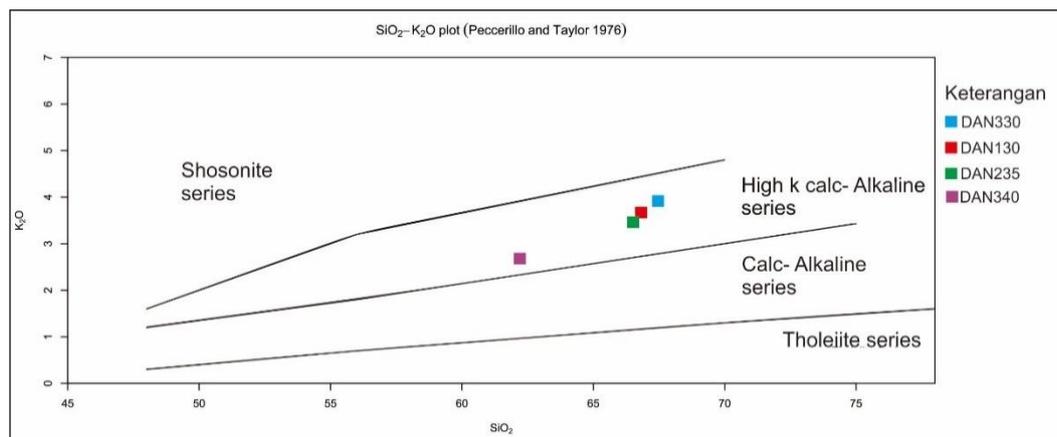
Gambar 8. Plotting hasil analisis petrografi batuan piroklastik daerah penelitian berdasarkan klasifikasi Schmid (1981)



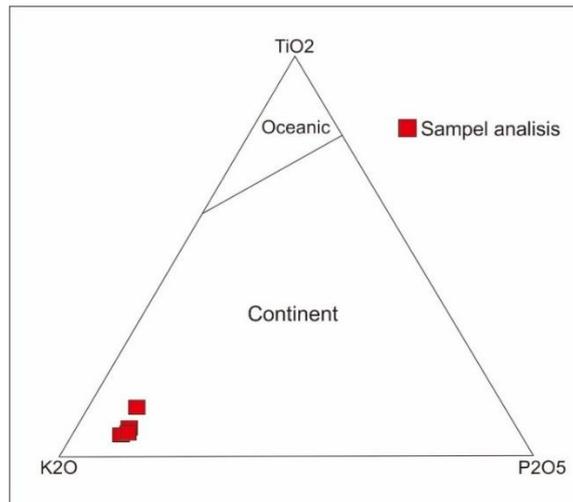
Gambar 9. Hasil analisa batuan piroklastik berdasarkan perbandingan antara alkali total ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) dan silika (SiO_2) (Le Bas et al,1986)



Gambar 10. Seri magma batuan piroklastik Daerah Serawet berdasarkan diagram AFM (Irvine Baragar, 1971).



Gambar 11. Diagram afinitas magma batuan piroklastik pada daerah Serawet (Paccerillo dan Taylor (1976)



Gambar 12. Penentuan asal magma batuan piroklastik daerah Serawet (modifikasi diagram Pearce (1977)).

